

УДК 669.295:661.882

**Ф. В. Водолазский^{1*}, Н. А. Баранникова¹,
С. М. Илларионова¹, А. Г. Илларионов,
Я. И. Космацкий², Е. А. Горностаева³**

¹ Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

² Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности,
г. Челябинск

³ ТМК НТЦ, г. Москва

**f. v.vodolazskiy@urfu.ru*

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ В СПЛАВЕ Ti–3Al–2,5V В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ ТРУБЫ ПО ТЕХНОЛОГИИ TREX

В работе методами оптической, растровой микроскопии, РСФА, дюрометрии, механических испытаний на сжатие и растяжение изучено изменение структуры и свойств трубной заготовки из сплава Ti–3Al–2,5V на различных этапах получения по технологии TREX.

Ключевые слова: титановый сплав Ti–3Al–2,5V, TREX, свойства, макроструктура, микроструктура.

**F. V. Vodolazskiy, N. A. Barannikova, S. M. Illarionova,
A. G. Illarionov, Y. I. Kosmatskii, E. A. Gornostaeva**

FORMATION OF STRUCTURE AND PROPERTIES IN A TITANIUM ALLOY Ti–3Al–2,5V IN THE PROCESS OF OBTAINING A PIPE BY TREX

The evolution of the structure and properties of the Ti–3Al–2,5V alloy during tube producing by the TREX technology using the methods of optical microscopy, REM, durometry, mechanical compression and tension tests were studied.

Key words: titanium alloy Ti–3Al–2,5V, TREX, properties, macrostructure and microstructure.

В работе на этапах получения трубной заготовки по технологии TREX установлена взаимосвязь изменения структуры и твердости по сечению исходной горячедеформированной заготовки, предназначенной для изготовления трубы. Показано, что структура по сечению заготовки достаточно однородная, средний размер β -зерна изменяется от примерно 600 мкм в центре до 300 мкм ближе к краю заготовки, твердость при этом увеличивается от центра к краю.

На установке Gleeble определен диапазон оптимальный температур деформации, необходимый для проведения процесса горячего прессования трубной заготовки. Показано, что процесс прессования лучше всего проводить в диапазоне температур (ТПП 30...50) °С, чтобы с учетом возможного деформационного разогрева обеспечить протекание процесса деформирования в двухфазной ($\alpha+\beta$)-области без риска укрупнения зеренной структуры.

Изучена эволюция структуры и ее связь с твердостью, механическими свойствами в горячепрессованной трубной заготовке. Показано, что образцы труб при прессовании не испытывали деформационного разогрева в однофазную β -область, при этом горячее прессование в рекомендованном температурном диапазоне обеспечило комплекс механических свойств, необходимый для проведения последующей холодной прокатки, используемой на завершающих этапах получения труб по технологии TREX.

Установлена роль отжига горячепрессованной трубы с точки зрения трансформации структуры и свойств по ее сечению. Показано, что данный отжиг способствует развитию процессов рекристаллизации α -фазы, формированию более равновесного ($\alpha+\beta$)-состояния и снижению разброса твердости по Виккерсу по поперечному сечению передельной горячепрессованной трубы и получению комплекса механических свойств с высокой пластичностью и средней прочностью.

Оценено влияние степени холодной деформации на формирование и изменение механических свойств горячедеформированного сплава и определены требуемые степени деформации для холодной прокатки горячепрессованной трубной заготовки. Проведена аттестация структурного состояния полученных труб в холоднокатаном состоянии и после промежуточного/окончательного отжига. Установлено, что проведение вакуумных отжигов активизирует развитие рекристаллизации в α -фазе с формированием первично рекристаллизованных

зерен и измельчению структуры до 9–10 балла в конечной трубе согласно ASTM E 112.

Установлено влияние холодной деформации, вакуумного отжига на формирование текстуры и свойств в трубных полуфабрикатах из сплава Ti–3Al–2,5V. Показано, что холодная прокатка приводит к образованию тангенциальной текстуры $\{0001\}_{\text{ТН}}\langle 10-10 \rangle_{\text{НП}}$, которая при горячей прокатке меняется на $\{0001\}_{\text{ТН}}\langle 11-20 \rangle_{\text{НП}}$. Размер трубы в конечном состоянии — 38×5 мм, уровень механических свойств — $\sigma_B \approx 690-700$ МПа, $\sigma_{0,2} \approx 550-570$ МПа, $\delta \approx 23-29\%$.

*Исследование выполнено за счет гранта
Российского научного фонда (проект № 18–79–10107).*